



KAJIAN PROTOTIPE UNIT PRODUKSI BIODIESEL DARI LIMBAH INDUSTRI IKAN

Bambang Wahyudi dan Edi Mulyadi

UPN "Veteran" Jawa Timur

Alamat : Jl. Raya Rungkut Madya, Gunung Anyar Surabaya 60294

Telp./Fax. (031) 8706369/ (031) 8782179

Jurusan Teknik Kimia UPN Surabaya

ABSTRAK

Biodiesel adalah energi alternatif pengganti solar, dan biodiesel merupakan sumber energi yang terbarukan dan biodegradable. Produksi biodiesel dengan bahan baku minyak ikan, untuk wilayah Jawa Timur merupakan pilihan yang strategis. Peluang ketersediaan bahan baku minyak ikan di Jawa Timur (Banyuwangi) relatif banyak. Untuk wilayah Banyuwangi, sumber bahan baku (minyak ikan yang off grade selain harganya murah (Rp.1800/Liter) jumlahnya relatif banyak. Proses pembuatan biodiesel dari minyak ikan off grade dibagi menjadi beberapa tahap. Proses pertama adalah Proses Pemurnian dari minyak ikan off grade yang meliputi proses pengeringan untuk menghilangkan kadar air dan pemisahan gum. Proses yang kedua adalah proses Esterifikasi, dan dilanjutkan dengan proses Trans-esterifikasi, kemudian diakhiri dengan proses pemurnian hasil biodiesel. Prototipe yang digunakan memiliki kapasitas 20 L/jam. Teknologi proses pembentukan biodiesel dengan proses esterifikasi dan dilanjutkan proses trans-esterifikasi dalam reaktor alir osilasi yang dapat digunakan untuk multi umpan (input minyak bisa dengan bahan yang FFA nya tinggi). Dengan begitu, reaktor akan adaptif terhadap berbagai jenis bahan baku yang diumpungkan. Disamping itu penggunaan reaktor alir osilasi bersekat miring untuk proses esterifikasi ini, proses dapat berlangsung satu langkah dan energi yang dibutuhkan relative lebih kecil daripada proses-proses yang selama ini ada. Hasil Penelitian diperoleh biodiesel yang memenuhi syarat PERTAMINA, SNI, dan ASTM terjadi pada kondisi suhu reaksi 60 °C dan waktu 60 menit dengan karakteristik biodiesel yaitu densitas 0,8898 kg/m³, angka iod 7,4, angka cetana 66,00, titik nyala 272 °F, dan pour poin 32 °F

Kata Kunci : Biodiesel, Energi Alternatif, crude fish oil, transesterifikasi.

PENDAHULUAN

Sejak terjadi krisis energi, harga minyak bumi melambung tinggi. Indonesia yang dulunya sebagai Negara pengekspor minyak bumi kini telah berubah menjadi Negara pengimpor minyak bumi. Oleh karena itu, biodiesel merupakan energi alternative pengganti solar yang berasal dari nabati atau hewani yang merupakan bahan terbarukan (*renewable*). Keunggulan minyak ikan jika dipakai sebagai bahan baku biodiesel selain memiliki variasi asam lemaknya lebih tinggi dibandingkan dengan minyak atau lemak lainnya, juga jumlah asam lemaknya lebih banyak. Panjang rantai karbon minyak ikan mencapai 22 dan lebih banyak mengandung jenis asam lemak tak jenuh. Asam lemak yang berasal dari ikan pada prinsipnya ada 3 jenis yaitu jenuh, tidak jenuh tunggal dan tidak jenuh jamak. Asam lemak tak jenuh tunggal mengandung satu ikatan rangkap dan asam lemak tak jenuh jamak mengandung banyak (mencapai 6) ikatan rangkap per molekul.

Biodiesel bisa digunakan dengan mudah karena dapat bercampur dengan segala komposisi dengan minyak solar, mempunyai sifat-sifat fisik yang mirip dengan solar sehingga dapat diaplikasikan langsung untuk mesin-mesin diesel yang ada hampir tanpa modifikasi, dapat terdegradasi dengan mudah (*biodegradable*), 10 kali tidak beracun dibanding minyak solar, memiliki angka setana yang lebih baik dari minyak solar, tidak mengandung sulfur serta senyawa aromatic sehingga emisi pembakaran yang dihasilkan ramah lingkungan. Proses produksi biodiesel tidak menuntut teknologi yang tinggi dan mahal. Untuk mendapatkan mutu biodiesel yang baik selain diperlukan ketepatan kondisi operasi. Selain itu, juga teknologi yang hemat energi. Salah satu kemungkinan itu ialah penggunaan reactor alir osilasi. Cara itu dipilih karena tidak memerlukan energi yang tinggi dan sederhana dalam pengoperasiannya. Penelitian ini dimaksudkan untuk mendapatkan diversifikasi bahan baku biodiesel, yaitu minyak ikan yang tersedia relative banyak di daerah setempat (Banyuwangi - Jawa Timur). Manfaat yang diharapkan adalah agar Crude Fish Oil agar memiliki nilai guna dan nilai tambah secara ekonomi dengan diolah menjadi biodiesel, sehingga mempercepat pengembangan energi alternative berbasis biodiesel. Penelitian ini akan menghasilkan rancangan bangun proses produksi biodiesel dengan reactor alir osilasi. Dengan begitu, diperoleh perancangan yang kompak dan moveable, hemat energi, adaptif terhadap berbagai jenis bahan baku.

Dalam penerapan yang akan dilakukan, merupakan hasil temuan baru, yaitu teknologi proses pembentukan biodiesel dengan proses esterifikasi dan dilanjutkan proses trans-esterifikasi dalam reactor alir osilasi yang dapat digunakan untuk multi umpan (input minyak bisa dengan bahan yang FFA-nya tinggi). Dengan begitu, pabrik akan adaptif terhadap berbagai jenis bahan baku yang diumpankan. Disamping itu penggunaan reactor alir osilasi bersekat miring, proses dapat berlangsung satu langkah dan hemat energi, daripada proses-proses yang selama ini ada. Dengan memperhatikan bahan baku yang digunakan adalah minyak ikan off grade yang memiliki kadar air dan FFA yang tinggi dibandingkan dengan minyak nabati. Berkenaan dengan itu, penelitian dilakukan menggunakan pada proses esterifikasi dan dijalankan dalam reactor alir bersekat miring. Diharapkan reactor ini memberikan pencampuran yang sempurna antara katalis dan reaktan, tetapi mempunyai turbulensi rendah. Hal ini dimaksudkan agar air yang terbentuk dalam proses esterifikasi tidak tersuspensi sehingga memudahkan dalam pemisahan. Untuk proses transesterifikasi diperlukan turbulensi tinggi, maka pada penelitian ini direncanakan menggunakan rancangan reactor oscillatory (berbaffle yang dilengkapi dengan cap) penggunaan reactor ini juga belum pernah dilakukan, sehingga perlu dipelajari pengaruh hidrodinamiknya terhadap konversi. Disamping itu diharapkan yield/konversi bahan baku menjadi metilester menjadi lebih sempurna. Proses pembuatan biodiesel pada dasarnya terdiri atas proses esterifikasi dan trans-esterifikasi. Methyl ester adalah senyawa hasil dari reaksi esterifikasi dan atau transesterifikasi yang melibatkan senyawa asam dan alkohol untuk esterifikasi, dan trigliserida dan alkohol untuk reaksi transesterifikasi. Alkoholisasi adalah proses pertukaran gugus ester sehingga jika alkohol yang digunakan adalah methanol maka prosesnya dinamakan dengan "metanolisis".

Reaksi esterifikasi trigliserida dengan metanol merupakan reaksi orde 1 semu terhadap minyak dengan persamaan sebagai berikut:

$$-\frac{dC_A}{dt} = k_1' C_A$$

Berdasarkan persamaan Arrhenius, jika suhu dinaikkan maka konstanta kecepatan reaksi (k) semakin besar sehingga reaksi berjalan semakin cepat.

$$k = A \cdot e^{-E/RT}$$

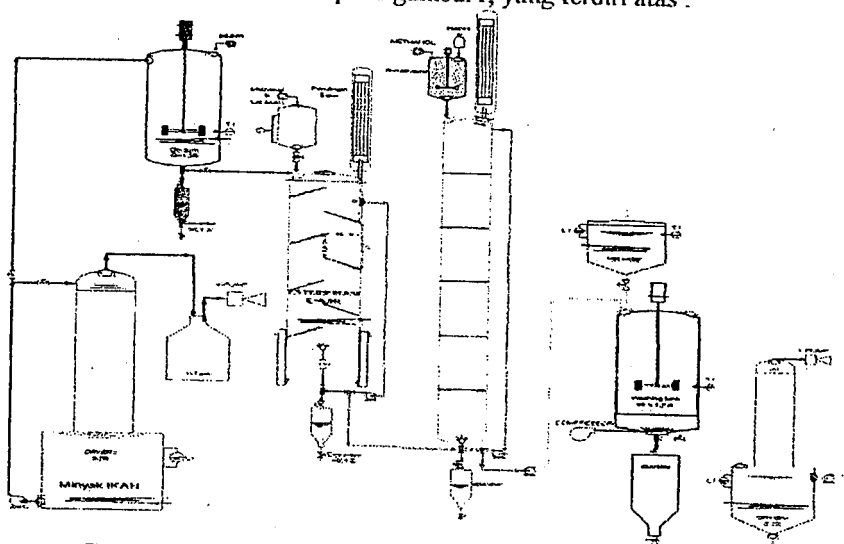


Penambahan katalisator akan mengaktifkan zat-zat pereaksi sehingga energi aktivasi (E) menjadi kecil. Jika energi aktivasi kecil maka konstanta kecepatan reaksi semakin besar. Pengadukan akan meningkatkan frekuensi tumbukan antar molekul zat pereaksi, dan nilai A akan semakin besar yang menyebabkan reaksi semakin cepat.

BAHAN DAN METODE

Bahan Baku penelitian menggunakan minyak ikan off grade berasal dari PT Rekayasa Energi Alternatif Mandiri; metanol teknis dibeli dari Tidar Kimia Surabaya; NaOH anhidrous dan NaOH pelarut, Peroxida, dan asam pospat. Sebelum dipergunakan, minyak ikan off grade dicuplik untuk analisis kadar zat pengotor, FFA, kekentalan dan densitynya.

Susunan alat terlukis pada gambar 1, yang terdiri atas :



Gambar 1. Rangkaian Alat Proses Biodiesel

Mesin Produksi bio diesel 300L/hari meliputi;
1). Unit Pemurnian bahan Baku (minyak ikan off grade)

No	Uraian	Spesifikasi	Jumlah
1	Tangki preheater	CS-200L	2
2	Mixer	CS-200L; motor 1KW	1
3	Gear Pump	200 L/men	2
4	Heater	Burner LPG, regulator, slang tabung gas	2
5	Tangki akumulator	CS-200L	2
6	Etraktor/filter oil	SS 304; motor ½ HP	1
7	Vakum unit	Tangki vakum SS 304; 80L. motor 3/4HP	1
8	Gumming unit	SS-304 60L, temp kontrol, heater 1kw	12
9	Stager/kerangka/valve/fitting plumbing	Besi siku dan kayu	1 unit

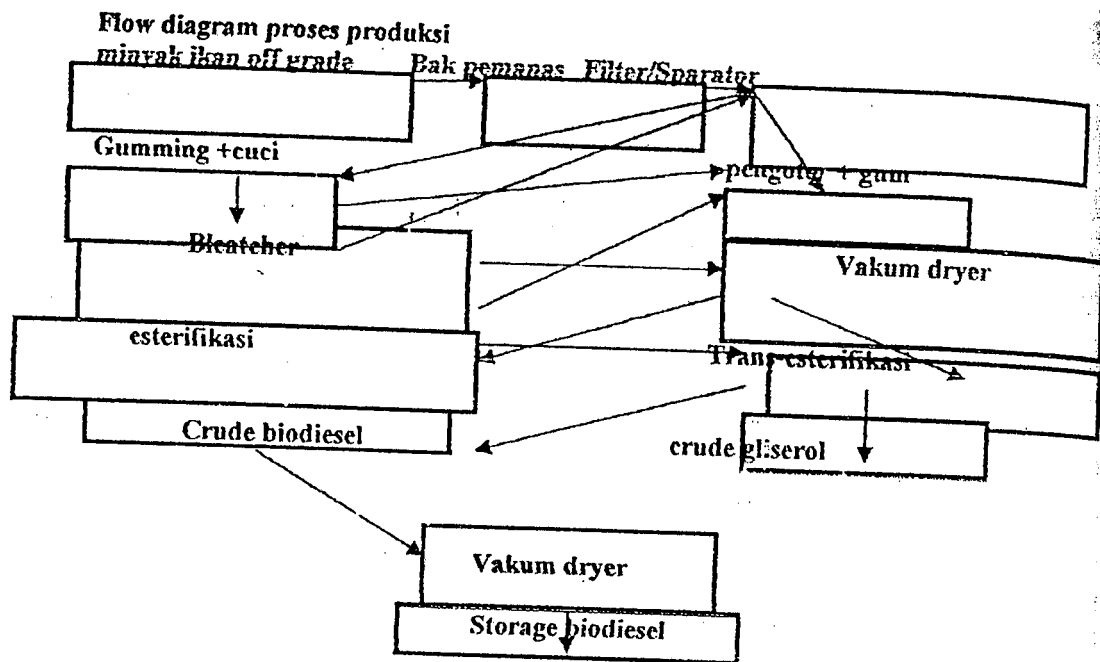


2). Mesin Produksi bio-diesel sampai 300L/hari

No	Uraian	Spesifikasi	Jumlah
1	Reaktor esterifikasi	SS-304-60L,temp kontrol	1
2	Reaktor trans-est	SS-304-60L,temp kontrol	1
3	Vakum unit	CS-100L,press kontrol, regulator, slang tabung gas	1
4	Vakum dryer	SS-304;60L,heater	1
5	Sparator unit	CS 60L	2
6	Vakum unit	Tangki vakum SS 204; 80L,motor 3/4HP	1
7	Instrumentasi dan panel control	SS-204 60L, temp kontrol, heater 1kw	1
8	Gear pump	200L/men	2
9	Shell&tube kondensor	SS-304-2000L/Jam	2
10	Tangki akumulator	CS 60L	2
11	Jiregen/ drum	plastik	10
12	Analisi bahan baku dan hasil	FFA,Heating Value,pour point, Sg.	10
13	Bahan kimia	Pospat,asamsulfat,NaOH, metanol	5 run
14	Stager/kerangka/valve/fitting plumbing	Besi siku dan kayu	1 unit

Alat utama terdiri atas

1. Reaktor gumming : sebagai tempat proses penghilangan gum dengan spesifikasi reaktor tangki kapasitas 50L;diameter 30 cm, tinggi 108 cm, dari bahan baja tahan karat (SS-304) dilengkapi pemanas listrik menggunakan daya 1000 watt.
2. Reaktor Eesterifikasi: sebagai penurun nilai FFA; spesifikasi reaktor pipa bersekat kapasitas 50L ;diameter 30 cm, tinggi 120cm, dilengkapi multi-tube kondensor dari bahan baja tahan karat (SS-304) dan ada pemanas listrik
3. Reaktor Trans-esterifikasi: sebagai tempat proses mereaksikan trigliserid menjadi biodiesel; spesifikasi reaktor pipa bersekat kapasitas 50L ;diameter 30 cm, tinggi 120cm, dari bahan baja tahan karat (SS-304) dilengkapi pemanas listrik menggunakan daya 1000 watt. Dilengkapi pendingin balik
4. Unit pemurnian produk bio diesel, terdiri dari
 - a). Tangki Vakum yang dilengkapi pemanas dan pompa vakum terbuat dari stainless steel kapasitas 50L
 - b). Pengereng produk biodiesel ber bentuk tangki dilengkapi pemanas dan kondensor.



Jalan Penelitian, minyak ikan off grade Volume 50 Liter dimasukkan ke dalam pengering pemanas dan pengatur suhu dijalankan dan diikuti dengan menghidupkan pompa sirkulasi dan pompa vakum. Minyak ikan yang telah dikurangi kadar airnya dimasukan ke reaktor degumming. Pemanas dan pengatur suhu dihidupkan. Setelah suhu mencapai 90C waktu mulai dihitung dan proses dihentikan setelah 20 menit. Hasil proses gumming dilanjutkan dengan proses Esterifikasi. Setelah umpan dimasukkan pemanas dan pompa sirkulasi dihidupkan. Proses esterifikasi berlangsung selama 60 menit dengan suhu 120 C, dengan katalis asam sulfat. Hasil proses esterifikasi dilanjutkan dengan proses Trans-esterifikasi dengan menggunakan berbagai dosis katalis dan memvariasi suhu dan waktu proses. Setelah umpan masuk reaktor, pompa sirkulasi dan pemanas dihidupkan diikuti pengaliran air ke pendingin balik. Setelah mencapai suhu dan waktu yang dipelajari, maka proses dihentikan. Pemurnian Produk biodiesel dilakukan dalam pengering vakum.

Variabel yang dipelajari adalah :waktu (menit); Suhu (°C); dosis Katalis; kecepatan sirkulasi dalam reaktor Oscillatory

Hasil dan Pembahasan

Analisa bahan baku meliputi, kadar air, kadar pengotor, bilangan peroksid, bilangan lod, dan FFA. Pengujian secara asidimetri dilakukan untuk menentukan bilangan asam, bilangan penyabunan, bilangan ester, asam lemak bebas, jumlah asam lemak total, dan asam lemak yang terikat sebagai ester. Analisis fatty acid minyak bahan baku minyak ikan off grade ditunjukkan dalam tabel 1.

Table 1. Profil Fatty Acid bahan baku minyak ikan.

Fatty Acids	komposisi (%wt)
Palmitic	6.8
Stearic	5.8
Oleic	50.3
Linoleic	11.4
Linolenic	15.5
Erucic	10.2

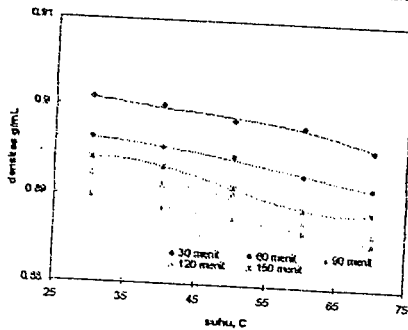
Kadar FFA bahan baku sebesar 12,715 %. Untuk menurunkan kadar FFA dengan proses esterifikasi. Pengaruh suhu esterifikasi dan %volume metanol terhadap persen free fatty acid (FFA) ditunjukkan dalam

table 2. Nilai FFA 0,9541 % yang terkecil dan terjadi pada suhu 100°C dengan %volum metanol 12,5974. Nilai FFA bahan baku 12,715 %, jadi konversi FFA sebesar 92,497 %.

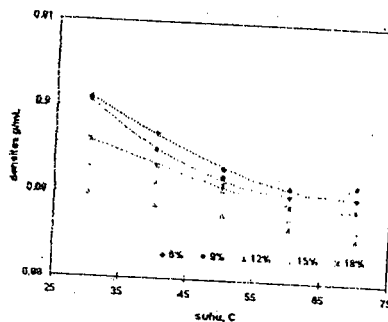
Tabel 2. Free Fatty Acid (FFA) Dari Berbagai Suhu Dan Volume Metanol

Volume Metanol (%)	Suhu (°C)	Suhu (°F)	% FFA	% Konversi FFA
9,09	40	104	6,221	51,074
10,7143	60	140	5,858	53,928
11,7637	80	176	3,633	71,427
12,5974	100	212	0,954	92,497
13,79	120	248	1,589	87,503

Spesific Gravity adalah untuk pengukur berat / massa minyak bila volumenya telah diketahui. Nilai specific gravity ini didapat setelah melakukan konversi densitas, nilai densitas didapat dengan menggunakan picnometer dan dilakukan dengan ASTM D-1298. Pengaruh suhu dan waktu terhadap specific gravity (gambar 2) dan pengaruh suhu dan %volum metoksid terhadap Specific gravity biofuel (gambar 3). Gambar 2 dan 3 menunjukkan bahwa besarnya densitas dipengaruhi oleh waktu, suhu, dan kadar katalis. Semakin lama waktu esterifikasi maka besarnya densitas akan semakin kecil. Ini menunjukkan bahwa kandungan air yang ada pada biodiesel juga semakin kecil. Dan hasil analisa diperoleh densitas biodiesel antara 0,8813 – 0,9010.

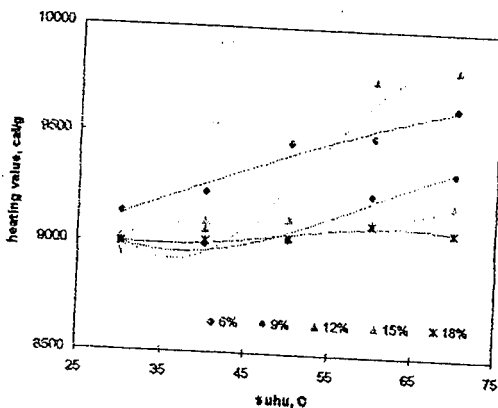


Gambar 2. sg dengan t



gambar 3. sg dengan %metoksid

Kisaran data itu semua masih memenuhi spesifikasi standarisasi yang disyaratkan PT. Pertamina. Heating value adalah suatu angka yang menyatakan jumlah panas/kalori yang dihasilkan dari proses pembakaran sejumlah tertentu bahan bakar dengan udara / oksigen. Nilai heating value ini didapat dengan ASTM D-240. Pengaruh suhu dan

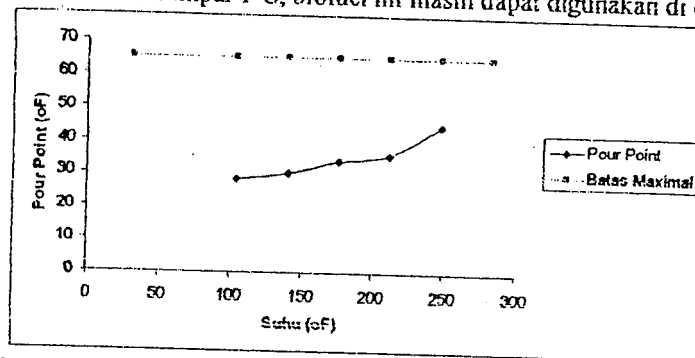


Gambar 4. Hubungan Heating Value dengan Suhu dan %Volum Metoksid



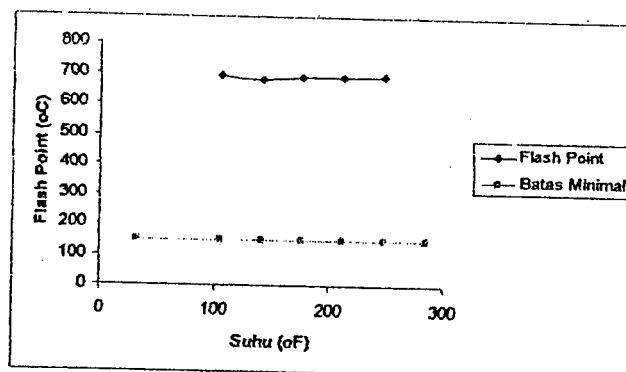
%volum metoxid terhadap Heating Value terlukis pada gambar 4. Nilai heating value yang tertinggi pada %volum metoxid 12% dengan suhu 70°C , sebesar 9813 cal/g . Hasil analisis heating value, nilai itu dibawah persyaratan ($10.160 - 11.000 \text{ cal/g}$).

Pour point adalah suatu angka yang menyatakan suhu terendah dari bahan bakar minyak sehingga minyak tersebut masih dapat mengalir karena gravitasi. Nilai pour points ini didapat dengan menggunakan alat ASTM D-97. Pengaruh suhu dan volume alkohol terhadap Pour Point (Titik Beku). Berdasarkan gambar 5. hasil analisa pour point biofuel antara -2°C sampai 7°C ($28,4^{\circ}\text{F} - 44,6^{\circ}\text{F}$) yang berarti berada jauh dibawah batas maksimum spesifikasi minyak diesel yaitu 65°F ($18,33^{\circ}\text{C}$). Pour Point sangat penting untuk mesin dalam keadaan dingin dan untuk menangani minyak didalam mesin maupun penyimpanannya. Pour Point juga berhubungan dengan cuaca dalam suatu wilayah. Keunggulan biofuel ini dibandingkan dengan minyak diesel yaitu pada suhu -1°C sampai 1°C , biofuel ini masih dapat digunakan di daerah yang dingin.



Gambar 5. Pengaruh Suhu dan %Volum Metoxid terhadap Pour Point

Flash point adalah suatu angka yang menyatakan suhu terendah dari bahan bakar minyak dimana akan timbul penyalan api sesaat, apabila pada permukaan minyak tersebut didekatkan pada nyala api. Nilai flash points ini didapat dengan menggunakan alat ASTM D-925. Pengaruh suhu dan volume alkohol terhadap Flash Point (Titik Nyala) terlukis pada gambar 6, menunjukan nilai flash point biofuel ini antara 368°C ($681,8^{\circ}\text{F} - 694,4^{\circ}\text{F}$), berarti melebihi spesifikasi batas minimum flash point minyak diesel yaitu 130°C ($265,55^{\circ}\text{C}$).



Gambar 6. Pengaruh Suhu Dan Volume Metanol Terhadap Flash Point

Kadar air bahan baku 10 %. Nilai kadar air ini didapat dengan menggunakan alat ASTM D-155. Pengaruh suhu dan %volum metoxid terhadap Kadar Air terlukis pada gambar 7. Biofuel dari crude fish oil ini masih mengandung kadar air yang cukup besar sehingga proses pengeringan diperlukan vakum. Hasil penelitian yang berupa metyl ester (biodiesel) diharapkan dapat digunakan sebagai bahan bakar alternative pengganti solar. Untuk itu perlu dilakukan analisa terhadap karakteristik biodiesel yang selanjutnya dapat dibandingkan dengan